

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 78 29713**

---

(54) Dispositif à semi-conducteur à électrodes de raccordement en saillie.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). H 01 L 23/48.

(22) Date de dépôt ..... 18 octobre 1978, à 15 h 43 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée au Japon le 19 octobre 1977,  
n. 126.318/1977 au nom de la demanderesse.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 20 du 18-5-1979.

---

(71) Déposant : Société dite : NIPPON ELECTRIC COMPANY, LIMITED, résidant au Japon.

(72) Invention de : Susumu Sato et Hideo Tsunemitsu.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Chereau et Cabinet Rodes réunis. Conseils en brevets d'invention,  
107, boulevard Péreire, 75017 Paris.

---

La présente invention concerne généralement des dispositifs à semi-conducteurs et, plus particulièrement, des dispositifs à semi-conducteurs comportant des électrodes de raccordement en saillie auxquelles sont liés des conducteurs de connexion métalliques.

Pour réaliser le raccordement électrique de conducteurs de connexion à des électrodes de raccordement métalliques, de dispositifs à semi-conducteurs, on a proposé différents procédés remplaçant la jonction par conducteur classique. Une technique récente qui a été proposée pour les applications avec intégration à grande échelle consiste à effectuer une jonction en série, dans laquelle les conducteurs de connexion sont préparés dans une lamelle d'une feuille métallique placée sur une bande en matériau plastique, les parties extrêmes étant à peine formées pour être directement et simultanément liées à des protubérances métalliques des électrodes de raccordement des circuits intégrés. Un procédé de jonction en série de ce type est décrit, par exemple, dans le brevet des E.U.A. n° 3.763.404, dans le brevet des E.U.A. n° 4.051.508 ou dans la revue "Solid State Technology", 1975, pages 46 à 52.

Les protubérances citées ci-dessus sont généralement constituées d'or placé sur le bord d'une couche de couplage s'étendant sur le film isolant du substrat du semi-conducteur et relié à une certaine partie de ce dernier. Par exemple, la protubérance a environ 100  $\mu\text{m}$  de largeur de chaque côté et environ 10 à 20  $\mu\text{m}$  de hauteur à partir de la surface supérieure de l'élément semi-conducteur. Les conducteurs à connecter aux protubérances sont constituées de feuillards en cuivre étamés ou doublés d'or, qui ont une épaisseur de 20 à 40  $\mu\text{m}$  et une largeur d'environ 100  $\mu\text{m}$  sensiblement égale à la grandeur de la protubérance.

Le procédé de raccordement par conducteurs en cuivre étamés est largement utilisé parce que l'eutectique or-étain peut être obtenu pour des températures et des pressions de jonction de faible valeur. Cependant les conducteurs de ce type soulèvent un problème critique, en ce sens que les filaments en étain monocristallin provoquent un court-

circuit entre les conducteurs. Pour cette raison, des conducteurs en cuivre doublés d'or sont utilisés avec satisfaction dans un dispositif à haute fiabilité parce qu'ils ne provoquent pas la formation de filaments. Cependant, lorsqu'un

5 conducteur en cuivre doublé d'or est lié à une protubérance en or, il faut une force de jonction plus grande et une haute température pour obtenir une résistance mécanique satisfaisante au raccordement entre le conducteur et la protubérance, comparativement aux conducteurs en cuivre étamé. Par conséquent,

10 une protubérance ayant une résistance mécanique élevée est élevée est nécessaire, et les structures de protubérances comportant une résistance mécanique plus grande sont décrites dans le brevet des E.U.A. n° 4.051.508 cité ci-dessus. Dans ces structures améliorées, la protubérance est en gradins,

15 et l'allègement de la concentration des contraintes lors de la jonction a des effets considérables sur le profil de la section de la structure.

Cependant, même avec de telles structures, l'allègement de la concentration des contraintes n'est pas

20 satisfaisante. Par exemple, si la température lors de la jonction s'élève jusqu'à 350°C, des fissures apparaîtront dans le substrat en silicium avec un taux d'environ 2 % des structures totales à protubérances. Alors qu'ordinairement on prévoit plusieurs dizaines de protubérances au moins sur le

25 même substrat dans les structures classiques à intégration à grande échelle, dans le cas où ces structures sont de plus grande dimension, il est alors nécessaire de prévoir, par exemple, 120 protubérances sur le même substrat. Par conséquent, il est nécessaire d'augmenter encore la température et la

30 charge dans le processus de jonction. En conséquence, les inventeurs ont étudié la partie où les fissures sont produites, et ont trouvé que les fissures dues à l'élévation de température proviendraient d'une partie du substrat située au-dessous d'une section de connexion entre une électrode de raccordement

35 en saillie et une couche de couplage. En d'autres termes, de façon à éviter totalement la rupture d'un substrat ou d'un film isolant sur un substrat par suite de la concentration

38 des contraintes, il est important de prendre en considération

la distribution des contraintes dans le plan du substrat, parce que la couche de couplage est toujours connectée à une électrode de raccordement en saillie. Cela doit être bien présent à l'esprit, considérant que le mode de distribution  
5 des contraintes ou la concentration des contraintes dépend non seulement d'un facteur mécanique, mais également d'un facteur thermique.

En d'autres termes, et jusqu'à maintenant, s'agissant de la connexion entre l'électrode de raccordement en saillie et la couche de couplage, la largeur de cette  
10 couche de couplage était déterminée en fonction du courant circulant à travers cette couche, et cette couche de couplage était directement connectée à la borne en saillie et l'étroite largeur de la couche de couplage sur la partie de raccorde-  
15 ment était maintenue. En conséquence, s'agissant du dispositif à semi-conducteur comportant la structure de raccordement classique entre la couche de couplage et la protubérance, si un conducteur de connexion et la borne en saillie sont connectés par une liaison exécutée sous chaleur et sous pression et  
20 si un essai de la résistance à la rupture est conduit de façon à confirmer la solidité de la connexion, un mode de rupture se trouve généré, la rupture démarrant à partir du substrat ou du film isolant situé au-dessous de la partie de raccordement entre la protubérance et la couche de couplage.  
25 Cela est dû au fait que les contraintes sont concentrées à la partie de raccordement, qui peut se trouver être mécaniquement plus faible, par exemple, par suite d'un effet de vieillissement dû à une contrainte thermique ou à une contrainte analogue. Par conséquent, les présents inventeurs ont préparé  
30 une pièce d'essai dans laquelle une couche de couplage intérieure n'était pas connectée à une protubérance, et ont conduit des expériences dans diverses conditions. D'après les résultats de ces expériences, les inventeurs ont confirmé la nécessité de prendre en considération la distribution des  
35 contraintes dans le plan du substrat.

La présente invention a pour objet principal de prévoir un dispositif à semi-conducteur comportant une  
38 structure de raccordement perfectionnée entre une électrode

de raccordement en saillie et une couche de couplage, qui puisse supporter la chaleur et la pression appliquées lors de la jonction exécutée thermiquement et sous pression des conducteurs de connexion externes.

5                   Selon l'une des caractéristiques de la présente invention, on prévoit un dispositif à semi-conducteurs comprenant un substrat semi-conducteur, un film isolant recouvrant au moins une partie du substrat, une électrode de  
10   raccordement en saillie sur le film isolant, une couche de couplage reliée à une zone formée dans le substrat du semi-conducteur et s'étendant sur le film isolant, et une couche d'allègement de contraintes qui évite ou réduit la rupture du substrat ou du film isolant lorsque la jonction de  
15   l'électrode de raccordement en saillie, est exécutée avec chaleur et pression, est prévue sur le film isolant et a une extrémité qui est connectée à une extrémité de la couche de couplage, l'autre extrémité étant connectée à l'électrode de raccordement en saillie.

                  Une autre caractéristique de la présente  
20   invention est que la couche d'allègement de contraintes comporte un film inférieur qui est intégré au film inférieur de l'électrode de raccordement en saillie, en contact avec au moins le substrat ou un film isolant du substrat et avec le film inférieur de la couche de couplage.

25                   Une autre caractéristique de la présente invention est que la couche d'allègement de contraintes comprend le film inférieur et le film supérieur, et que le film supérieur est situé à l'intérieur du film inférieur dans l'agencement en plan.

30                   Une autre caractéristique de la présente invention est que les films supérieurs de la couche d'allègement de contraintes et la couche de couplage et le film intermédiaire de l'électrode de raccordement en saillie sont formées en continu avec le même matériau et suivant la même épaisseur.

35                   Une autre caractéristique de la présente invention est que l'on prévoit une couche d'allègement de contraintes qui s'étend en diminuant depuis l'électrode de  
38   raccordement en saillie jusqu'à la couche de couplage dans

l'agencement en plan vu perpendiculairement au plan du substrat.

Une autre caractéristique de la présente invention est que l'on prévoit une couche d'allègement de contraintes qui s'étend de façon rectiligne, avec une largeur supérieure à la couche de couplage depuis l'électrode de raccordement en saillie jusqu'à la couche de couplage dans l'agencement en plan vu perpendiculairement au plan du substrat.

Une autre caractéristique de la présente invention est que la couche d'allègement de contraintes qui s'étend depuis l'électrode de raccordement en saillie jusqu'à la couche de couplage a une longueur supérieure à 5  $\mu\text{m}$  et inférieure à 60  $\mu\text{m}$ .

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante faite en relation avec les dessins ci-joints, dans lesquels :

La figure 1(A) est une vue en coupe représentant un dispositif à semi-conducteur ainsi que ses conducteurs de raccordement externes et un outil de jonction :

La figure 1(B) est une vue en coupe agrandie de la partie encerclée par une ligne en pointillé de la figure 1(A), représentant en détail le dispositif à semi-conducteur et la relation entre les conducteurs, les protubérances et l'outil de jonction ;

Les figures 2(A) et 2(B) sont une vue en plan partielle et une vue de côté partielle, respectivement, d'un dispositif à semi-conducteur comportant des électrodes de raccordement en saillie de l'art antérieur ;

Les figures 3(A) et 3(B) sont une vue en plan partielle et une vue de côté partielle, respectivement, d'une pièce d'essai servant à confirmer l'effet de la couche de couplage du dispositif à semi-conducteur de la figure 2 lors de la rupture de ce dispositif ;

Les figures 4(A) et 4(B) sont une vue en plan partielle et une vue de côté partielle, respectivement, d'un dispositif à semi-conducteur comportant des électrodes de raccordement en saillie selon un premier mode particulier de

réalisation de la présente invention ;

La figure 5 est une vue en plan partielle représentant un second mode particulier de réalisation de la présente invention ;

5 La figure 6 est une vue en plan partielle représentant un troisième mode particulier de réalisation de la présente invention ;

La figure 7 est une vue en plan partielle représentant un quatrième mode particulier de réalisation de la présente invention ; et

10 La figure 8 est une vue en plan partielle représentant un cinquième mode particulier de réalisation de la présente invention.

Dans la figure 1(A) représentant le dispositif de l'art antérieur, les électrodes de raccordement en saillie 2 formées sur le substrat en silicium incorporant les éléments semi-conducteurs, la pointe des conducteurs de connexion externes 3 fixés à une bande en matériau plastique 12 et un outil de jonction 4, sont positionnés suivant une relation prédéterminée ; puis l'outil 4 est abaissé, appliquant une charge mécanique sur les parties à relier des conducteurs et des saillies. Lorsqu'une charge prédéterminée est atteinte, on fait passer un courant électrique dans l'outil , et les conducteurs en or sont liés immédiatement grâce à la charge

25 mécanique appliquée et à la chaleur dégagée dans l'outil par la circulation du courant.

Dans la figure 1(B), de l'aluminium est généralement utilisé dans un dispositif typique de l'art antérieur comme matériau reliant les régions actives des éléments à semi-conducteurs, ainsi que pour les électrodes, alors que la protubérance est généralement en or. Afin d'éviter la formation de taches pourpres entre l'aluminium et l'or, une autre couche conductrice est formée par pulvérisation en continu d'un matériau réfractaire et de platine de façon

35 à former une couche de couplage intermédiaire permettant de connecter une couche de couplage intérieure en aluminium à une protubérance. Un substrat en silicium 1 comprend des

38 transistors, des résistances et composants analogues (non

représentés) et une zone d'impuretés 5 qui est indiquée comme étant représentative d'une partie d'un élément de circuit incorporé dans le substrat 1. La couche intérieure d'aluminium 6 est reliée à la zone 5 et est formée sur le

5 film isolant 14 de  $\text{SiO}_2$  recouvrant la plus grande partie du substrat 1 du semi-conducteur. La couche de couplage connectée à la couche intérieure 6 par l'intermédiaire d'une

ouverture pratiquée dans une couche isolante 7 comprend un fil en titane 8 permettant d'obtenir l'adhésion avec un film

10 isolant 14, un film en platine 9 formant barrière et un film en or 10 pour le couplage. Une électrode de raccordement en saillie 2 est constituée des trois films 8,9,10 qui s'étendent de façon continue depuis la couche de couplage et un film épais en or 11. Le conducteur de connexion 3 généralement

15 constitué d'un élément en cuivre 131 et un revêtement en or 132 est appliqué sur la surface de ce dernier pour permettre une jonction effectuée sous chaleur et avec pression avec l'or de la saillie 2. Dans le cuivre agissant en substrat du

conducteur de connexion, la surface de jonction avec la saillie

20 est rendue plus rude et comporte des inégalités de façon à obtenir une adhésion suffisante entre cette surface et un adhésif appliqué à la bande en matériau plastique 12. Le caractère rugueux est d'autre part renforcé lorsque l'or est appliqué par galvanoplastie sur la surface en cuivre. La

25 référence 13 représente les fissures indiquées ci-dessus et l'écornement du contour du substrat 1.

Un dispositif à semi-conducteur comportant des électrodes de raccordement en saillie selon l'art antérieur est représenté dans les figures 2(A) et 2(B), où un

30 film en titane 18 d'une épaisseur de 1 500 Å, un film en platine 19 d'une épaisseur de 2 500 Å et un film d'or fin 20 d'une épaisseur de 1  $\mu\text{m}$  sont placés successivement sur un film isolant 14, tel qu'un film en oxyde de silicium ou un film de nitrure de silicium formé sur la surface principale

35 d'un substrat 1 en silicium. Une couche épaisse d'or 21 de 2,5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur est formée sur une partie du film en or fin 20. En conséquence, l'électrode de raccordement en saillie

38 100 est constituée d'un film en titane 18 et d'un film en



platine 19 ayant une configuration en plan de 100  $\mu\text{m}$  de côté, du film épais d'or 20 de 80  $\mu\text{m}$  de côté et de la couche d'or épais 21 de 60  $\mu\text{m}$  de côté, alors qu'une couche de couplage 200 est constituée du film en titane 18, du film en platine 19 et du film épais en or 20, tous ayant une largeur de 10  $\mu\text{m}$ . On remarquera que dans la construction de l'art antérieur, la couche 200 est directement reliée à l'électrode de raccordement en saillie 100. Lorsqu'un conducteur de connexion externe (non représenté) constitué d'un feuillard en cuivre recouvert d'or est placé sur une telle électrode de raccordement en saillie 100, et qu'il y a application de chaleur et de pression, l'or de la surface du conducteur et de la couche épaisse 21 sont liés.

Un essai de rupture concernant le dispositif à semi-conducteur obtenu après jonction a consisté à soumettre le conducteur ainsi lié à une traction exercée perpendiculairement à la surface principale du semi-conducteur à l'aide d'un dynamomètre, grâce à quoi la résistance mécanique et le mode de rupture du dispositif à semi-conducteur ont été étudiés. Lorsque la jonction est effectuée avec une pression de 2 000  $\text{kg}/\text{cm}^2$  et une température de 500°C, conditions plus sévères que les conditions normales (1 200  $\text{kg}/\text{cm}^2$  et 300°C) et que l'essai de rupture à la traction est exécuté sur des structures liées de cette façon, une déconnexion se produit pour une force de traction de 20 g ou plus. Avec une traction de 20 g ou plus, la déconnexion des structures liées se produit soit au conducteur de connexion externe, à la jonction entre le conducteur et la saillie, à la jonction entre la saillie et le film isolant ou à la partie de substrat. La déconnexion du conducteur extérieur signifie que la pression de jonction est satisfaisante, et les déconnexions aux deux jonctions sont provoquées par une mauvaise opération de jonction et une mauvaise adhésion entre la saillie et le film isolant, respectivement. La déconnexion à la partie du substrat signifie que le conducteur lié et la structure en saillie dans son ensemble sont arrachés du substrat ou du film isolant, ce qui est dû à des fissures générées dans le substrat en silicium ou dans le film isolant. Ces déconnexions

par arrachement sont de 12,5 % des déconnexions totales et doivent être réduites.

On a préparé une pièce d'essai représentée dans les figures 3(A) et 3(B). Dans cette pièce, seule la  
5 couche de couplage 200 de la figure 2 est enlevée et la construction restante est exactement la même que celle qui est représentée dans la figure 2. Selon l'essai de rupture par traction effectué dans les mêmes conditions que le cas d'un dispositif à semi-conducteur de la figure 2, les  
10 déconnexions par arrachement de la structure, par suite de fissures dans le substrat en silicium ou dans le film isolant, sont de 4,9 % des déconnexions totales.

D'après des recherches comparatives faites avec la saillie de référence de la pièce d'essai décrite ci-  
15 dessus, il est évident que la génération des défauts du substrat en silicium lors de l'essai de traction du dispositif à semi-conducteur de la figure 2 est influencée par la couche de couplage et la partie de connexion entre l'électrode de raccordement en saillie et la couche de couplage. En  
20 outre, une observation poussée du substrat en silicium à la partie inférieure de la saillie qui avait été rompue lors de l'essai de rupture à la traction montre que la rupture est amorcée aux points de croisement 27 et 28 de la figure 2(A) entre la périphérie extérieure de la saillie 100 et les  
25 bords opposés de la couche 200.

D'après les résultats précédents des essais de rupture par traction du dispositif à semi-conducteur de l'art antérieur représenté dans la figure 2 et de la pièce d'essai représentée dans la figure 3, on a découvert les  
30 trois effets suivants de la chaleur et de la pression appliquées à la saillie lors d'une jonction effectuée thermiquement et sous pression. C'est-à-dire que, d'abord, le substrat en silicium à la partie inférieure de la partie périphérique de la saillie devant être connectée à une couche de couplage  
35 se casse par suite des contraintes concentrées qui sont dues à la pression appliquée à la saillie et à l'allongement provoqué par la chaleur appliquée à la saillie. Deuxièmement,  
38 dans la structure où une couche de couplage est connectée à

la saillie, la chaleur appliquée à la saillie pendant la jonction effectuée sous pression et sous chaleur est transmise à la couche de couplage car celle-ci, étant constituée d'un conducteur ayant une bonne conductibilité électrique a également une bonne conductibilité thermique, ce qui se traduit par un gradient de température de valeur élevée entre la couche de couplage et le film isolant sous-jacent ou le substrat en silicium inférieur ; à cause de ce gradient de température, l'allongement thermique se produit dans le substrat sous la couche de couplage de façon tout-à-fait remarquable dans le sens de la longueur de cette couche. Troisièmement, compte tenu du fait que la chaleur est appliquée à la couche de couplage par l'intermédiaire de la saillie, l'allongement thermique devient maximum à la partie de raccordement entre la saillie et la couche de couplage. La présente invention est basée sur le phénomène indiqué ci-dessus.

En d'autres termes, on pense qu'à la partie de raccordement entre la saillie et la couche de couplage, les contraintes dues à la pression appliquée à la saillie, les contraintes dues à la chaleur appliquée à la saillie et les contraintes dues à la chaleur appliquée à la couche de couplage sont combinées, et que les fissures sont créées dans le substrat. Dans l'essai de résistance à la rupture, ces fissures servent de noyaux de rupture qui provoquent le bris du substrat et l'arrachement de la structure liée conducteur-saillie du substrat. Sur la base de l'analyse précédente, on a conclu que, de façon à éviter les fissures dans le substrat, il est nécessaire de minimiser l'allongement thermique créé par la couche de couplage dans le voisinage de la saillie, c'est-à-dire de réduire la différence de température entre la couche de couplage et le substrat en silicium, et le gradient de température dans la couche de couplage dans le sens de la longueur de cette couche. Ces impératifs peuvent être respectés en prévoyant une couche d'allègement des contraintes thermiques à la partie de raccordement entre l'électrode de raccordement en saillie et la couche de couplage, qui ait une grande surface en plan entre la couche de couplage et le

substrat et ne présente pas une variation brutale de surface entre l'électrode de raccordement en saillie et la couche de couplage.

Mode de réalisation n° 1 :

5                   Un premier mode de réalisation particulier selon la présente invention est représenté dans les figures 4(A) et 4(B). Alors que la construction générale est semblable au dispositif à semi-conducteur classique des figures 2(A) et 2(B), une couche d'allègement de contraintes 310,  
10                   constituée des mêmes matériaux que la couche de câblage 210, est prévue entre la couche de couplage 210 et l'électrode de raccordement en saillie 110 de façon à absorber les allongements thermiques provenant du côté couche de couplage.

                  Plus particulièrement, le film en titane 38  
15                   de 1 500 Å d'épaisseur, un film de platine de 2 500 Å d'épaisseur et un film fin en or 40 de 1 µm d'épaisseur sont successivement placés sur un film isolant 14, tel qu'un film en oxyde de silicium, un film de nitrure de silicium ou un film identique situé sur une surface importante d'un substrat  
20                   en silicium, et un film en or épais 41 de 2,5 µm de hauteur est prévu sur la partie en saillie du film fin en or 40. La largeur W de la couche de couplage 210 est de 10 µm. La largeur x et la longueur l du film en titane 38 et du film en platine 39 dans l'électrode de raccordement en saillie 110 sont toutes  
25                   deux de 100 µm, la largeur x' et la longueur l' du film fin en or 40 sont toutes deux de 80 µm et la largeur x" et la longueur l" du film épais en or 41 sont toutes deux de 60 µm. Comme cela a été décrit ci-dessus, l'électrode de raccordement en saillie 110 a une structure à double gradin, constituée  
30                   d'un film supérieur qui est formé par les films 38 et 39, un film intermédiaire qui est constitué par le film 40, et un film supérieur qui est constitué par le film 41 ; la couche de couplage 210 a une structure sans gradin qui est formée en une seule pièce par les films 38, 39 et 40 ; et la  
35                   couche d'allègement de contraintes 310 a une structure à un gradin qui est constituée du film inférieur formé par les films 38 et 39 et le film supérieur formé par le film 40.

38                   La configuration en plan de la couche

d'allègement de contraintes est choisie de façon à avoir une forme trapézoïdale définie par un bord de la saillie opposé à la couche de couplage 210, par les bords latéraux chanfreinés s'étendant depuis les extrémités opposées du

5 bord de la saillie sous un angle de  $45^\circ$  par rapport au bord dirigé vers la couche de couplage, et par une ligne reliant les points de coupure entre les bords latéraux chanfreinés et les bords parallèles correspondants de la couche de couplage, dans le but d'optimiser l'effet d'allègement des

10 contraintes thermiques dues à la couche de couplage. Dans le mode de réalisation représenté, étant donné que l'électrode de raccordement en saillie a la forme d'un carré de  $100\text{ }\mu\text{m}$  de côté et que la largeur de la couche de couplage est de  $10\text{ }\mu\text{m}$ , la longueur L de la couche d'allègement de contraintes

15 310 est égale à  $45\text{ }\mu\text{m}$ . Cette longueur L doit être nécessairement de  $5\text{ }\mu\text{m}$  ou être plus longue pour faire son effet, alors qu'elle doit être inférieure à  $60\text{ }\mu\text{m}$  si l'on prend en considération la longueur de saturation pour l'effet désiré

20 ainsi que le degré d'intégration du dispositif à semi-conducteur. De plus, en réalisant en gradin la frontière entre le film en platine 39 et le film en or fin 40, les contraintes périphériques globales générées dans le film isolant 14 près de la périphérie du film en titane 38 et dans le substrat en silicium 1 peuvent être réduites.

25 Pour une telle structure en saillie, un conducteur de connexion extérieur est lié par pression et par effet thermique sur une couche épaisse en or 41 avec une pression de  $2\,000\text{ kg/cm}^2$  et une température de  $500^\circ\text{C}$ , conditions qui sont plus sévères que les conditions rencontrées

30 dans la pratique, et un essai de traction est exécuté sur le conducteur ainsi relié. Dans chaque échantillon d'essai, des débranchements se produisent pour une force de traction de  $30\text{ g}$  ou plus, et seul  $0,9\%$  des déconnexions totales est du type à arrachement provoqué par des fissures dans le

35 substrat en silicium. Les résultats de cet essai de traction sont non seulement meilleurs que pour la construction classique représentée dans la figure 2, mais encore bien

38 meilleurs que les essais obtenus avec la pièce de la figure 3.

Cela signifie que la couche d'allègement des contraintes selon la présente invention non seulement absorbe les effets des contraintes thermiques provoquées par la couche de couplage, mais encore produit un effet de soulagement  
5 des contraintes dues à la chaleur et à la pression lors de la jonction par effet thermique et par pression.

Mode de réalisation n° 2 :

Dans la figure 5, un second mode de réalisation particulier de la présente invention comprend une couche  
10 d'allègement des contraintes 320 entre une électrode de raccordement en saillie 120 constituée d'un film en platine-titane 49, d'un film en or fin 50 et d'un film en or épais 51, et une couche de couplage 220 constituée d'un film en titane-platine 49 et d'un film en or fin 50. Plus particulière-  
15 ment, sur un film isolant 14 situé au-dessus d'un substrat en silicium est formée la couche d'allègement de contraintes 320 qui est constituée d'un film en titane-platine 49 ayant une largeur  $y$  de 30  $\mu\text{m}$  supérieure à la largeur de 10  $\mu\text{m}$  de la couche de couplage 220, et ayant une longueur  $M$  de 50  $\mu\text{m}$ .  
20 Cette longueur  $M$  doit être de 5  $\mu\text{m}$  ou plus, de façon à obtenir l'effet d'allègement des contraintes souhaité, et doit être inférieure à 60  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire à une longueur pour laquelle il y a saturation de l'effet. De plus, la largeur  $y$  de la couche d'allègement de contraintes 320 doit être supérieure  
25 à la largeur de la couche de couplage 220 d'au moins 10  $\mu\text{m}$ . La structure décrite ci-dessus est soumise à un essai de comparaison avec la structure classique représentée dans la figure 2 en utilisant les mêmes méthodes d'expérimentation que celles qui ont été décrites précédemment, et les résultats  
30 des essais montrent qu'une rupture du substrat en silicium au fond de la saillie représente 8,3 % des déconnexions totales. On prouve, ainsi, que l'effet de la couche d'allègement des contraintes dues à l'allongement thermique reste remarquable, même si cette couche est constituée d'une  
35 structure en gradin droite vue en plan. On notera que dans ce mode particulier de réalisation, en ce qui concerne les sections autres que la zone d'allègement de contraintes, la  
38 configuration en plan, l'épaisseur de film et les matériaux

sont identiques à ceux du premier mode particulier de réalisation de la présente invention.

Mode de réalisation n° 3

Dans un troisième mode de réalisation particulier de la présente invention représenté dans la figure 6, entre une électrode de raccordement en saillie 130 ayant une forme en plan circulaire, et une couche de couplage 230 est prévue une couche d'allègement de contraintes 330 qui s'étend sous forme cônica depuis la saillie vers la couche 230 et qui est délimitée par deux lignes tangentes au cercle de la partie en saillie. La couche d'allègement de contraintes 330 comprend les zones d'un premier film 59 et d'un second film 60 situés sur le film isolant 14 s'étendant depuis la saillie vers la couche de couplage. L'électrode de raccordement en saillie 130 est constituée du premier film 59, du second film 60 et d'un troisième film 61. La structure selon ce mode particulier de réalisation de la présente invention doit avoir l'effet le plus important sur la rupture du substrat en silicium.

Mode de réalisation n° 4 :

Un quatrième mode de réalisation particulier de la présente invention représenté dans la figure 7 fait appel à une couche d'allègement de contraintes de type réduit 340 entre une électrode de raccordement en saillie 140 et une couche de couplage 240. La couche 340 est composée des mêmes films qu'un premier film 69 et un second film 70 sur un film isolant 14 de l'électrode de raccordement en saillie 140, et dans la saillie un troisième film épais 71 est en outre formé sur ces deux films 69 et 70. La couche 240 est constituée du premier film 69 et du second film 70, qui a la même largeur que le premier film 69. Ce mode particulier de réalisation constitue un compromis entre des contraintes tolérables et un facteur d'espace. Cependant, de façon à obtenir l'effet d'allègement des contraintes, la largeur Z de cette zone d'allègement doit avoir une largeur supérieure de plus de 10  $\mu\text{m}$  à la largeur de la couche 240.

Mode de réalisation n° 5 :

Un cinquième mode de réalisation particulier

de la présente invention représenté dans la figure 8 emploie une couche d'allègement de contraintes 350 qui est constituée d'un premier film 79 et d'un second film 80 qui sont formés sur un film isolant 14 d'un substrat en silicium sans avoir de structure en gradin. Selon des contraintes tolérables, une telle structure peut être utilisée. Plus particulièrement, l'électrode de raccordement en saillie 150 est constituée du premier film 79, du second film 80 formé sur le film 79 et d'un troisième film épais 81 formé sur le film 80, alors que la couche d'allègement de contraintes 350 et la couche de couplage 250, respectivement, sont constituées du premier film 79 et du second film 80 de même largeur. Ce mode de réalisation particulier correspond au cas où la largeur du film 50 de la couche d'allègement de contraintes 320 du second mode de réalisation particulier représenté dans la figure 5 a été agrandie pour lui donner la même largeur que celle du film 49.

Dans ce mode particulier de réalisation, la longueur  $M'$  de la couche 350 est de  $50\text{ }\mu\text{m}$  et la largeur  $y'$  est de  $30\text{ }\mu\text{m}$ , alors que les autres caractéristiques de la construction et les autres conditions sont les mêmes que dans le premier mode de réalisation de la présente invention (figure 4). Le même essai de rupture à la traction que dans le premier mode de réalisation a été exécuté, et l'on a trouvé que des déconnexions par arrachement étaient provoqués par des fissures dans le substrat en silicium à un taux de 9,2 % des déconnexions totales. Dans ce mode de réalisation aussi, comme dans le cas du second mode de réalisation, la gamme effective de la longueur  $M'$  de la zone d'allègement de contraintes 350 est de préférence comprise entre 5 et  $60\text{ }\mu\text{m}$ , alors que la largeur  $y'$  de cette zone doit être de préférence supérieure à la largeur de la couche de couplage 250 d'au moins  $10\text{ }\mu\text{m}$ .

Comme cela a été décrit ci-dessus, selon la présente invention une structure nouvelle de connexion entre une partie de raccordement en saillie et une couche de couplage, qui peut supporter une température et une pression élevées, peut être réalisée sans apporter de modifications aux procédés



de fabrication de l'art antérieur. Le choix du métal de jonction entre un conducteur externe et une électrode de raccordement en saillie peut être fait dans une gamme plus vaste, et une jonction de qualité supérieure et de grande fiabilité est devenue possible. De plus, une jonction simultanée, de grande qualité, moins chère, pour dispositif à semi-conducteur à intégration à grande échelle comportant un grand nombre de saillies est possible, et l'importance de cette possibilité sur le plan industriel est très grande.

Alors que les électrodes de raccordement en saillie ont toutes une structure en gradin double dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, la présente invention n'est, évidemment pas, limitée à une telle structure, mais la structure de l'électrode de raccordement en saillie peut être à seul gradin, sans gradin ou à plusieurs gradins de façon à avoir trois ou plusieurs gradins. De plus, la couche d'allègement de contraintes n'est pas limitée à une structure sans gradin ou à un seul gradin, et la structure peut être à plusieurs gradins de façon à comporter deux ou plusieurs gradins. En outre, les matériaux conducteurs de l'électrode de raccordement en saillie, de la couche d'allègement des contraintes et de la couche de couplage ne sont pas limités à ceux qui ont été décrits en liaison avec les modes particuliers de réalisation de la présente invention, mais, dans certains cas, les couches correspondantes des sections respectives pourraient être réalisées en matériaux différents et reliées les unes aux autres de façon à former une couche continue.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif à semi-conducteur comprenant un substrat à semi-conducteur, un film isolant formé sur une surface importante du substrat, une électrode de raccordement en saillie prévue sur le film isolant, et une couche de couplage connectée à une zone formée dans le substrat et s'étendant sur le film isolant, caractérisé en ce que la couche de couplage est connectée à l'électrode de raccordement en saillie par l'intermédiaire d'une couche d'allègement de contraintes thermiques réalisant une connection de section décroissante depuis l'électrode de raccordement en saillie jusqu'à la couche de couplage, cette couche d'allègement des contraintes ayant une extrémité connectée à une extrémité de la couche de couplage et l'autre extrémité connectée à l'électrode de raccordement en saillie.

2 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur de la couche d'allègement des contraintes entre ladite extrémité et ladite autre extrémité est comprise entre 5  $\mu\text{m}$  et 60  $\mu\text{m}$ .

3 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'allègement de contraintes a une forme allant en diminuant dans une vue en plan perpendiculaire à la surface principale, allant en se rétrécissant depuis la seconde extrémité vers la première extrémité.

4 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la largeur de la couche d'allègement de contraintes à la partie connectée à un bord de l'électrode de raccordement en saillie est sensiblement égale à la longueur du bord, et en ce que la largeur de la couche d'allègement de contrainte à la partie connectée à la couche de couplage est sensiblement égale à la largeur de la couche de couplage.

5 - Dispositif à smi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'allègement de contraintes a une forme rectiligne parallèle à la couche de couplage dans une vue en plan perpendiculaire à la surface principale, et en ce que la largeur de la couche d'allègement

de contraintes est plus grande que la largeur de la couche de couplage, mais est plus petite que la largeur de l'électrode de raccordement en saillie.

5                   6 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que la largeur de la couche d'allègement de contraintes est plus grande que la largeur de la couche de couplage d'au moins 10  $\mu\text{m}$ .

10                   7 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans une vue en plan perpendiculaire à la surface principale, l'électrode de raccordement en saillie a une forme circulaire, et en ce que la couche d'allègement de contraintes s'étend en diminuant depuis l'électrode de raccordement en saillie vers la couche de couplage et est délimitée par deux lignes tangentes au  
15                   profil circulaire de l'électrode de raccordement en saillie.

20                   8 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins les films inférieurs en contact avec le film isolant de l'électrode de raccordement en saillie, la couche d'allègement de contraintes et la couche de couplage sont formés en continu du même matériau ayant la même épaisseur.

25                   9 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'allègement de contraintes comporte un film inférieur continu depuis les films inférieurs de la couche de couplage et l'électrode de raccordement en saillie et un film supérieur continu depuis un film supérieur de la couche de couplage et depuis un film intermédiaire de l'électrode de raccordement en saillie.

30                   10 - Dispositif à semi-conducteur selon la revendication 9, caractérisé en ce que le film supérieur de la couche d'allègement de contraintes est situé à l'intérieur du film inférieur de la même couche dans une vue en plan perpendiculaire à la surface principale.

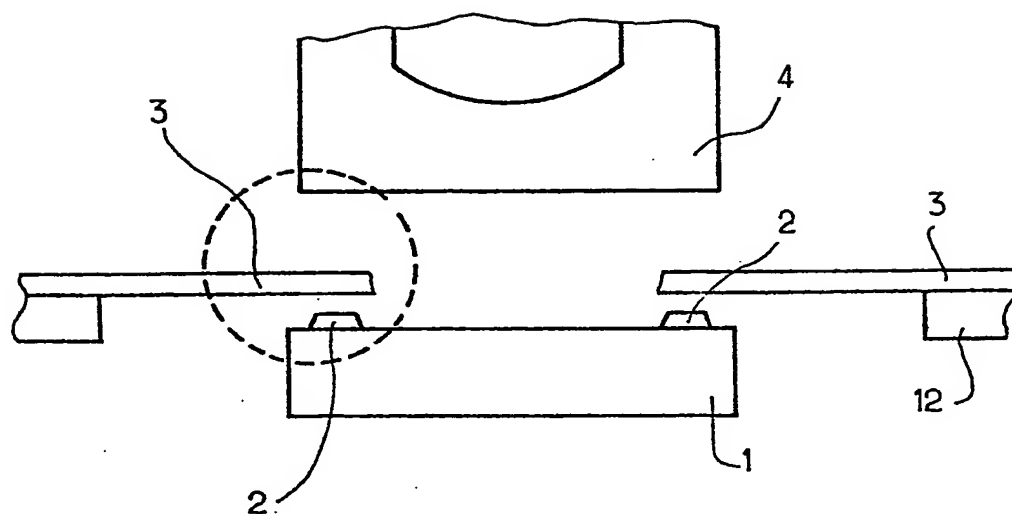


Fig : 1 (A)

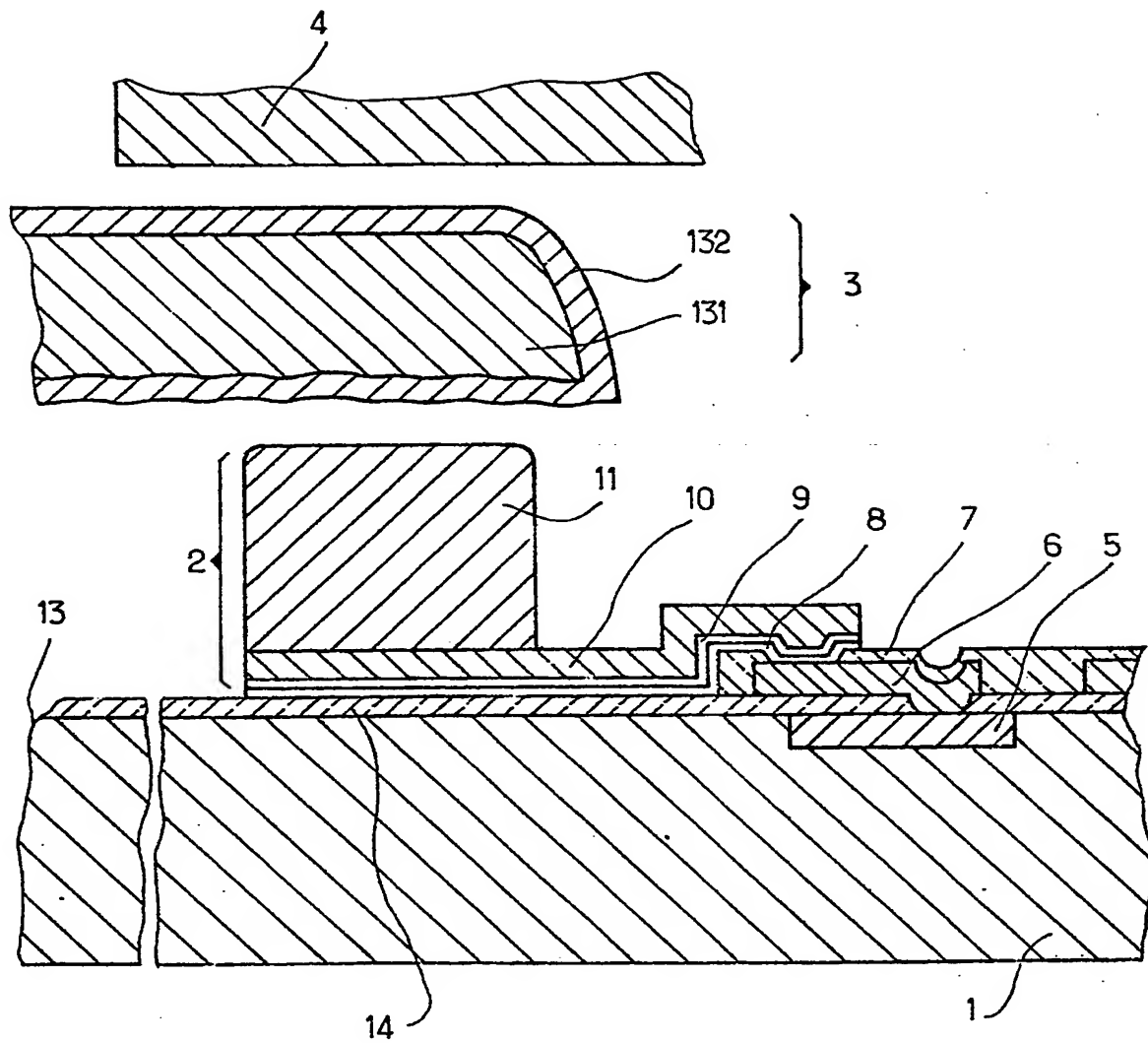


Fig : 1 (B)

Fig: 2 (A)

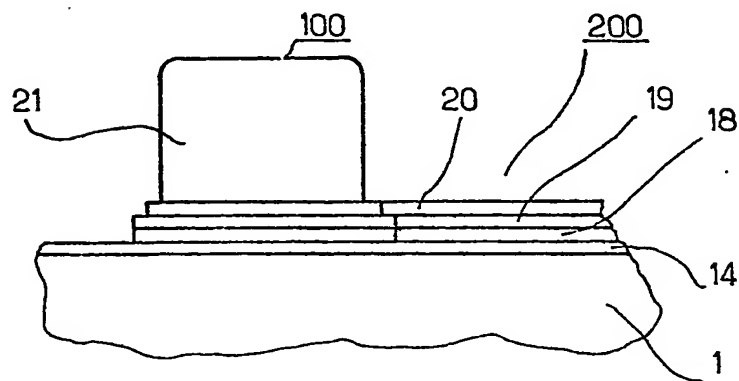
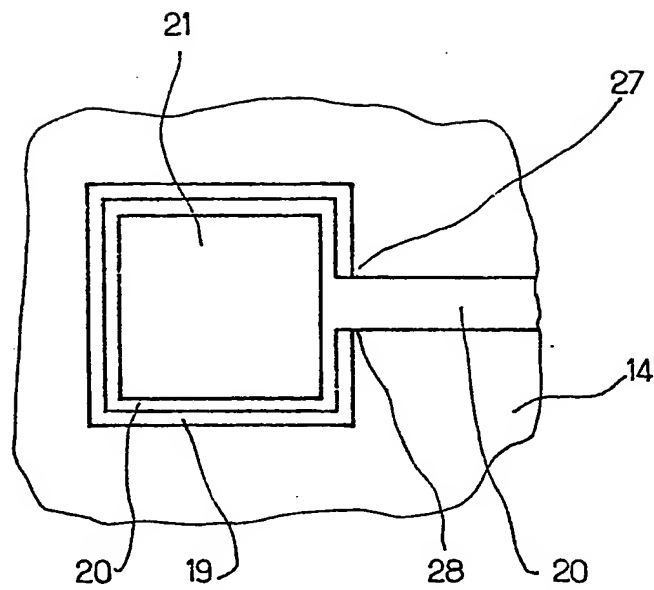


Fig : 2 (B)

Fig : 3 (A)

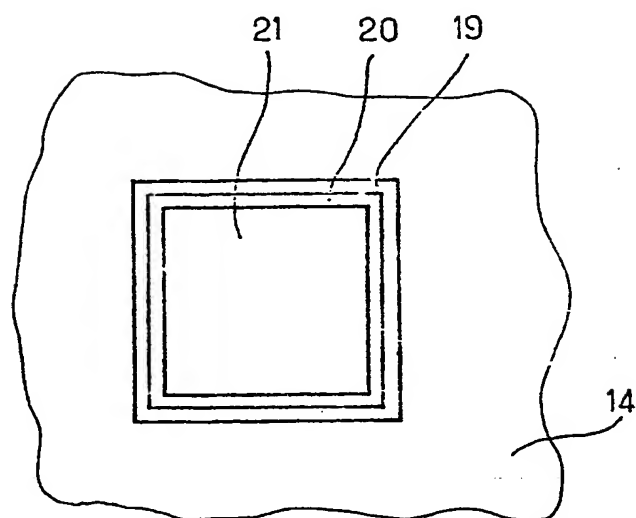


Fig : 3 (B)

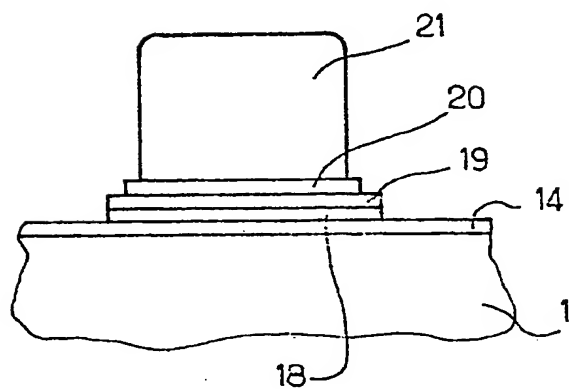


Fig : 4 (A)

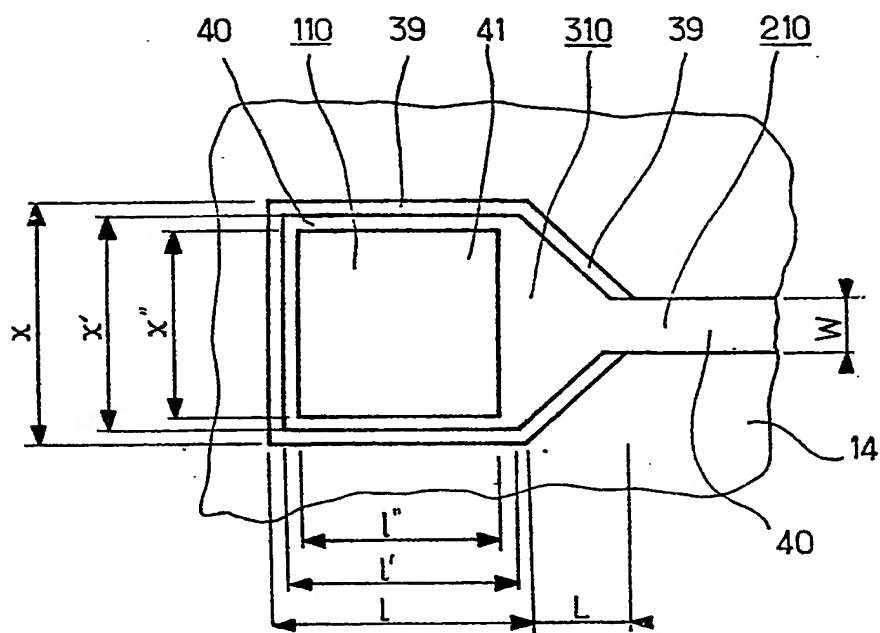
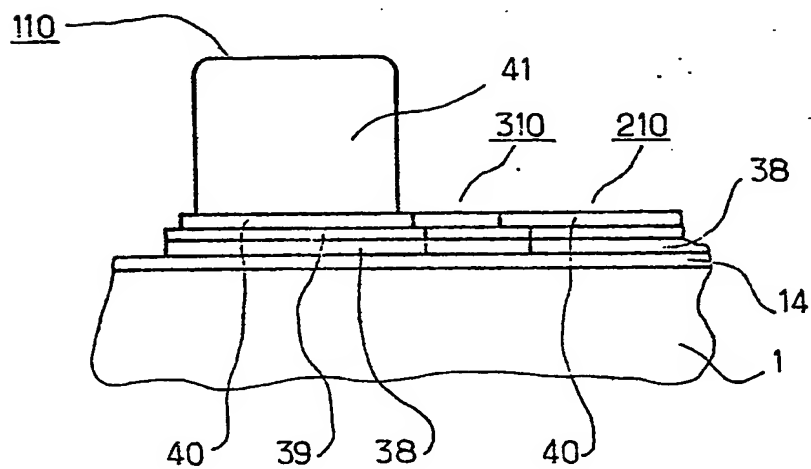


Fig : 4 (B)





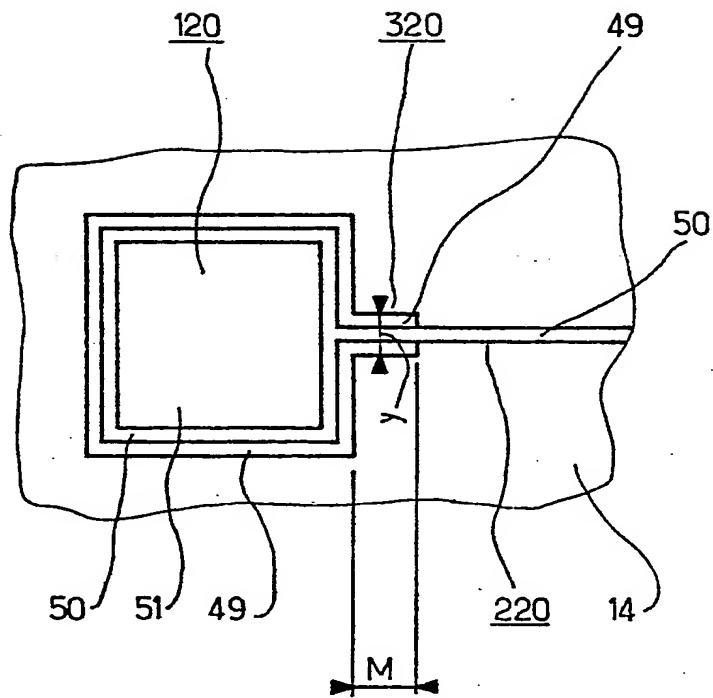


Fig : 5

Fig : 6

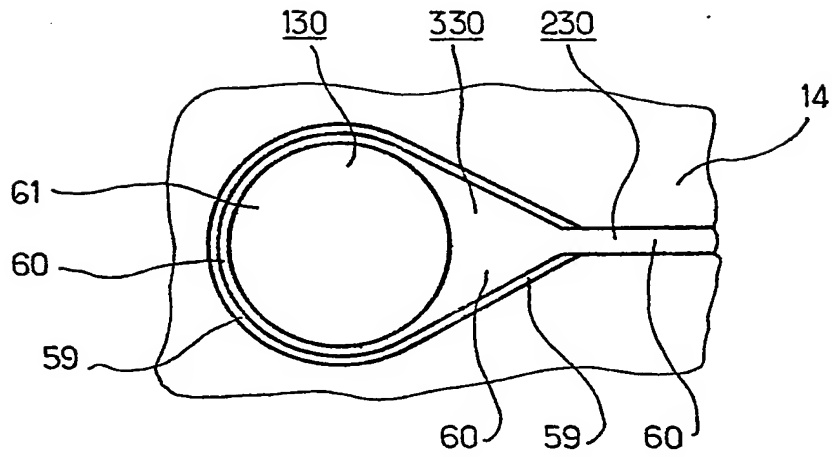


Fig : 7

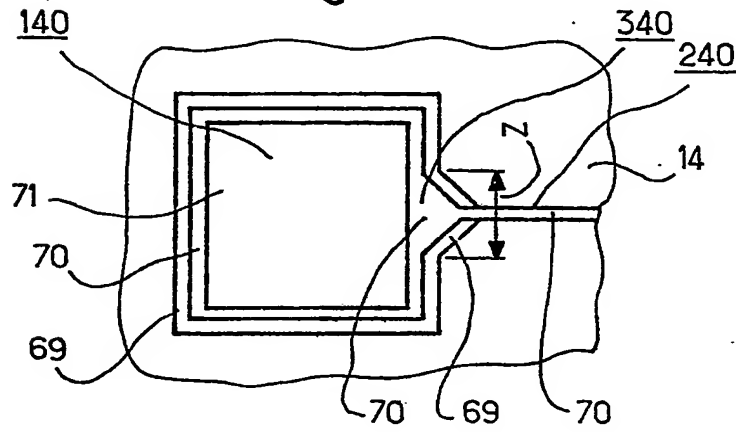


Fig : 8

